

鋼連続トラス橋梁の耐震性能照査及び耐震性能向上策の検討

本四高速（株）長大橋技術センター 正会員 ○吉田 茂司
 本四高速（株）長大橋技術センター 真辺 保仁
 本四高速（株）長大橋技術センター 小河 正次

1. 目的

3次元立体骨組みモデルを用いた鋼3径間連続トラス橋の時刻歴応答解析による既設橋梁の耐震性能照査により、上下弦材の主構部材及び横斜材などの二次部材に損傷を受けることが明らかとなった。

そのため、耐震性能を向上させる方策として、ダンパーなどの減衰装置の適用や、ゴム支承への交換などによる応答値の低減効果について、上記モデルを用いた解析的な検討を実施し、それぞれの低減効果、問題点等についてとりまとめた。

2. 検討対象

検討対象の橋梁は、図-1に示す昭和50年代に建設された鋼3径間連続上路トラス橋で、橋長158.0m、最大支間長は、58.7m、下部構造は2層式RCラーメン橋脚で、基礎は全て直接基礎である。支承構造は固定(1A)及びヒンジ支承(2P, 3P)は鋼製ピン支承、可動支承(4A)は鋼製ピンローラー支承である。海峡部長大吊橋への取付部に位置するため、橋脚高が高くフレキシブル橋脚として設計されていることが特徴である。

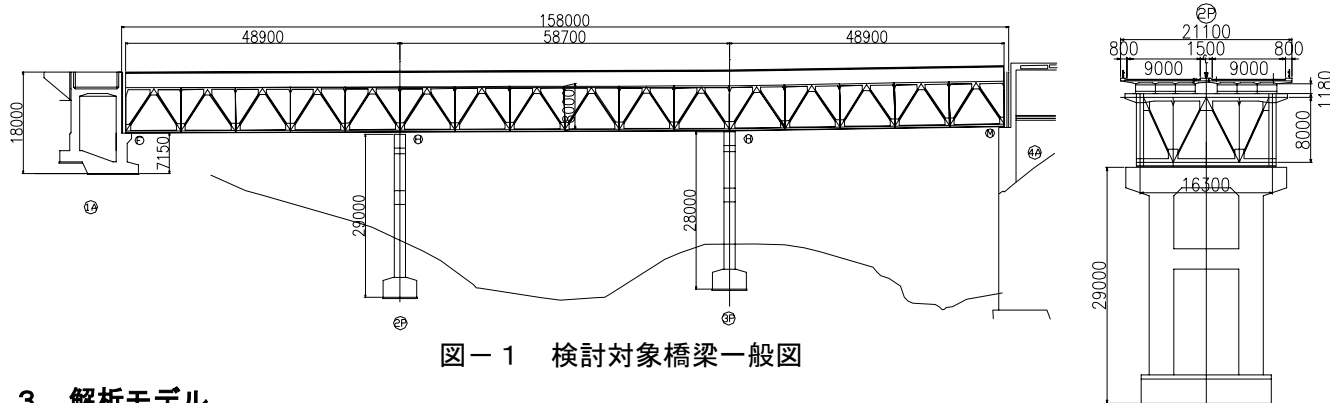


図-1 検討対象橋梁一般図

3. 解析モデル

解析モデルは、トラス各部材の応答値を把握することが可能な、トラス部材を全てモデル化した3次元立体骨組みモデルとした。上部工部材は線形梁要素、下部構造のRCラーメン橋脚については材料非線形特性を考慮している。また、コンクリート床版の剛性を上弦材に付加させている。トラス部材の格点構造は、図-2示すように上下弦材は剛結、垂直材、斜材等についてはピン構造としてモデル化した。

入力地震動は、兵庫県南部地震におけるJMA神戸での観測波形を、対象地点の地質構造によりモデル化した等価線形地盤応答解析で変換した地震波を用いた。

地盤は、地質条件より2自由度のばねとしてモデル化しており、減衰は固有値解析からRayleigh減衰特性曲線により考慮した。

4. 現況照査結果

現況照査結果の概要を図

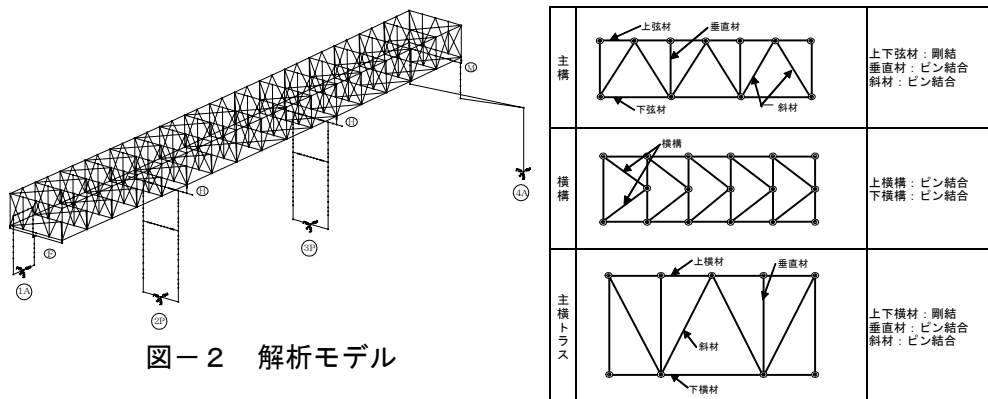


図-2 解析モデル

キーワード 鋼トラス橋、耐震補強、免震化、動的解析、耐震照査

連絡先 〒651-0088 神戸市中央区小野柄通 4-1-22 本四高速（株）長大橋技術センター 078-291-1000

ー 3 に示す。図中の赤で表示されている部材が現況において耐力を超える部材である。なお、これは軸力に対する結果を表しており、道示鋼橋編 3.2 により算出される圧縮、引張の各許容応力度に、基準降伏点に対する安全率 1.7 を乗じた値を降伏耐力としている。

橋軸方向の損傷は、固定支承である 1 A 付近の下弦材で降伏耐力の 3 倍以上の応答値となるなど、表ー 1 の現況に示すように、上・下弦材の多くで降伏耐力を超過し、橋軸直角方向では、中央支間中央部の下弦材及び上下横構など、多くの部材で降伏耐力を上回る応答値が発生する結果となった。

5. 耐震性能向上策の検討

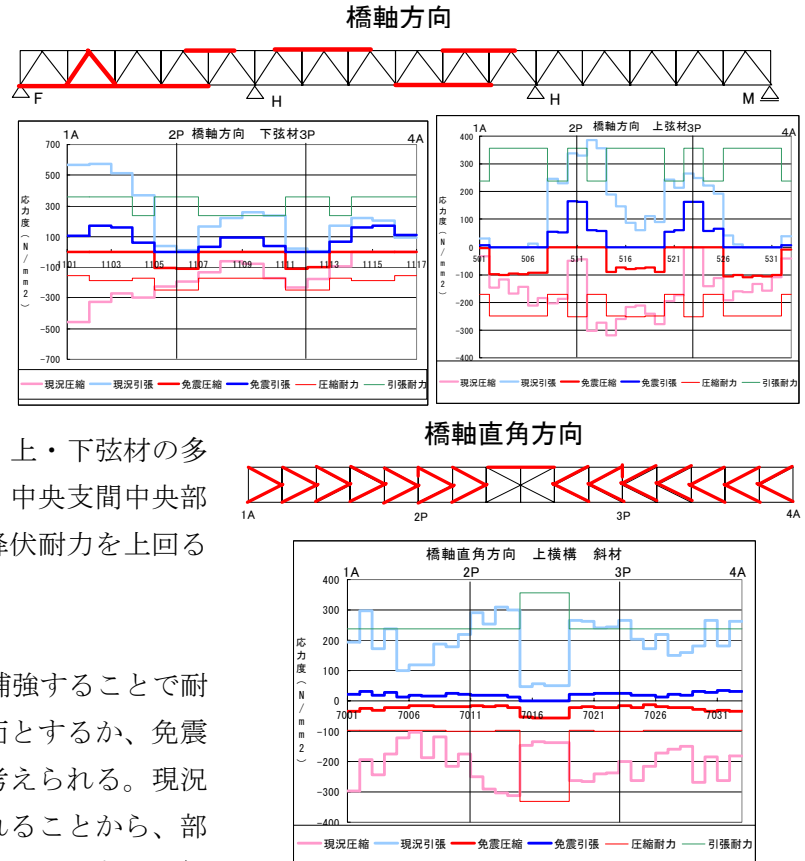
耐震性能を向上させるためには、部材を補強することで耐力を向上させ、応答値を満足できる部材断面とするか、免震化などにより応答値の低減を図る方法とが考えられる。現況照査の結果では多くの部材に損傷が考えられることから、部材補強を実施する場合かなり大規模な補強が必要となり不経済となる可能性が高い。そのため、本検討では免震化などで応答値を低減させることにより、コスト縮減を目指した合理的な補強方法を検討する事とし、履歴型制震ダンパー及び鉛プラグ入り免震ゴム支承を用いる案について解析を実施した。

表ー 1 及び表ー 2 に示すように、一部耐力を超える部材が残るものの、主部材である上下弦材、上下横材については耐力を満足する結果となった。免震支承への交換による固有周期への影響は、橋軸方向 1 次モードが 0.968 秒から 1.474 秒へ、橋軸直角方向 1 次モードが 1.284 秒から 1.317 秒になっている。

6. まとめ

耐震照査の結果、橋軸方向では固定橋脚付近の主弦材、橋軸直角方向では、ほぼ全ての上下横構が降伏耐力を超過する結果となったが、応答値低減策の検討を実施した結果、ほぼ全ての部材で降伏耐力を下回る結果となった。

トラス橋においては、二次部材の損傷を許容することで合理的な耐震補強となる可能性があるものの、現時点では部材座屈の影響を考慮したモデル化等の解析手法に課題があるため、本橋梁においては、主構部材が降伏耐力を下回り、結果的に二次部材も降伏耐力を下回ること、変位制限装置、段差防止構造などの落橋防止システムが不要となり、補強規模が小さくなることから、免震支承への交換が最も合理的な対策であると考えられる。



図ー 3 照査結果（降伏耐力超過部材位置図）

表ー 1 照査結果（降伏耐力超過部材数）

方向	部材	部材数	損傷部材数		
			現況	制振ダンパー	免震支承
橋軸方向	主構	上弦材	64	18	0
		下弦材	32	12	0
		垂直材	34	0	0
		斜材	64	4	0
	横構	上横構	32	0	0
		下横構	32	0	0
	主横トラス	上横材	68	0	0
		下横材	68	0	0
橋軸直角方向	主構	上弦材	64	0	0
		下弦材	32	2	0
		垂直材	34	0	0
		斜材	64	0	0
	横構	上横構	32	28	6
		下横構	32	10	0
	主横トラス	上横材	68	0	0
		下横材	68	2	0
		垂直材	34	2	0
		斜材	68	8	6

表ー 2 耐震性能向上策検討概要

ケース名	履歴型制震ダンパー	鉛プラグ入り免震ゴム支承
概要	上下部工をダンパーで連結し、位相差によるダンパーの減衰効果により応答値の低減を図る構造 ダンパー設計抵抗 1 A : 橋軸方向 1000KN × 4 基 橋軸直角 750KN × 2 基 2 P : 橋軸直角 1000KN × 2 基 3 P : 橋軸直角 1000KN × 2 基 4 A : 橋軸方向 1000KN × 4 基 直角方向 750KN × 2 基	免震支承による長周期化及び減衰性能を高め応答値の低減を図る構造 支承取替 免震支承 1 A : 700 × 900 × 170 × 2 基 2 P : 1050 × 1050 × 252 × 2 基 3 P : 1050 × 1050 × 252 × 2 基 4 A : 700 × 900 × 170 × 2 基
モデル化		
適用性	橋軸、橋軸直角両方向にダンパーが必要となり、落橋防止システムの設置、上部工部材補強等橋脚上の構造が煩雑となる。	支承をタイプBのゴム支承とすることにより、変位制限装置、段差防止工が不要となる。